

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-35832  
(P2001-35832A)

(43)公開日 平成13年2月9日(2001.2.9)

(51)Int.Cl.

識別記号

FI

テ-マ-ト\*(参考)

H01L 21/3065

H01L 21/302

F 5F004

審査請求 未請求 請求項の数19 OL (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平11-202953

(22)出願日

平成11年7月16日(1999.7.16)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 北川 英夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 鈴木 伸昌

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74)代理人 100065385

弁理士 山下 穰平

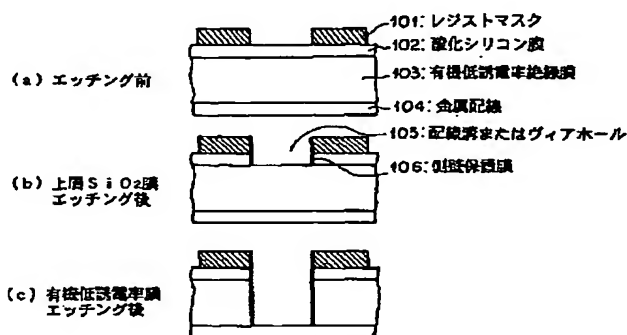
Fターム(参考) 5F004 BA14 BA20 DA00 DA22 DA23  
DA24 DA25 DA26 DB00 DB03  
DB23 EA28 EB03

(54)【発明の名称】 ドライエッチング方法

(57)【要約】

【課題】 エッチング形状が良好であり且つ有機低誘電率絶縁膜の膜質の劣化のないドライエッチング方法を提供する。

【解決手段】 層間絶縁膜として形成された、有機低誘電率絶縁膜を含む積層膜のドライエッチング方法において、エッチングガスとして水素、窒素の一方又は両方を含むガス(第一のガス)とリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス(第二のガス)との混合ガス、あるいは、第一のガスと第二のガスと希ガス(第三のガス)との混合ガス、あるいは、第二のガスと第三のガスとの混合ガスを、半導体基板が設置された真空容器内に導入し、プラズマ生成手段に高周波電力を印加してプラズマを生成し、プラズマを用いて半導体基板表面に形成された有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行うドライエッチング方法。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 層間絶縁膜として形成された、有機低誘電率絶縁膜を含む積層膜のドライエッチング方法において、水素原子、窒素原子の一方又は両方を含むガスであるところの第一のガスと、リン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスとの混合ガスを、半導体基板が設置された真空容器内に導入し、プラズマ生成手段に高周波電力を印加してプラズマを生成し、該プラズマを用いて半導体基板表面に形成された有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行うことを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項2】 前記水素原子、窒素原子の一方又は両方を含むガスであるところの第一のガス、及びリン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスが、酸素原子及びハロゲン原子を含まない分子構造である請求項1に記載のドライエッチング方法。

【請求項3】 前記水素原子、窒素原子の一方又は両方を含むガスであるところの第一のガスが、 $H_2$ 、 $N_2$ 、 $NH_3$ 及び $N_2H_4$ の内の一つ又は複数の混合ガスである請求項1又は2に記載のドライエッチング方法。

【請求項4】 前記リン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスが、 $PH_3$ 又は $H_2S$ 又は $SiH_4$ である請求項1～3のいずれかに記載のドライエッチング方法。

【請求項5】 前記プラズマ生成手段が、ECR型プラズマ源、ヘリコン波型プラズマ源、ICP型プラズマ源、SWP型プラズマ源又はSIP型プラズマ源である請求項1～4のいずれかに記載のドライエッチング方法。

【請求項6】 前記有機低誘電率絶縁膜が、ポリアリアルエーテル又はフッ素化ポリアリアルエーテルである請求項1～5のいずれかに記載のドライエッチング方法。

【請求項7】 層間絶縁膜として形成された、有機低誘電率絶縁膜を含む積層膜のドライエッチング方法において、水素原子、窒素原子の一方又は両方を含むガスであるところの第一のガスと、リン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスと、希ガスであるところの第三のガスとの混合ガスを、半導体基板が設置された真空容器内に導入し、プラズマ生成手段に高周波電力を印加してプラズマを生成し、該プラズマを用いて半導体基板表面に形成された有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行うことを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項8】 前記希ガスであるところの第三のガスが、 $He$ 、 $Ne$ 、 $Ar$ 、 $Kr$ 、 $Xe$ 及び $Rn$ の内の一つ又は複数の混合ガスである請求項7に記載のドライエッチング方法。

【請求項9】 前記水素原子、窒素原子の一方又は両方を含むガスであるところの第一のガス、及びリン又は硫

## (2)

特開2001-35832

## 2

黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスが、酸素原子及びハロゲン原子を含まない分子構造である請求項7又は8に記載のドライエッチング方法。

【請求項10】 前記水素原子、窒素原子の一方又は両方を含むガスであるところの第一のガスが、 $H_2$ 、 $N_2$ 、 $NH_3$ 及び $N_2H_4$ の内の一つ又は複数の混合ガスである請求項7～9のいずれかに記載のドライエッチング方法。

10 【請求項11】 前記リン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスが、 $PH_3$ 又は $H_2S$ 又は $SiH_4$ である請求項7～10のいずれかに記載のドライエッチング方法。

【請求項12】 前記プラズマ生成手段が、ECR型プラズマ源、ヘリコン波型プラズマ源、ICP型プラズマ源、SWP型プラズマ源又はSIP型プラズマ源である請求項7～11のいずれかに記載のドライエッチング方法。

20 【請求項13】 前記有機低誘電率絶縁膜が、ポリアリアルエーテル又はフッ素化ポリアリアルエーテルである請求項7～12のいずれかに記載のドライエッチング方法。

【請求項14】 層間絶縁膜として形成された、有機低誘電率絶縁膜を含む積層膜のドライエッチング方法において、リン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスと、希ガスであるところの第三のガスとの混合ガスを、半導体基板が設置された真空容器内に導入し、プラズマ生成手段に高周波電力を印加してプラズマを生成し、該プラズマを用いて半導体基板表面に形成された有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行うことを特徴とするドライエッチング方法。

30 【請求項15】 前記希ガスであるところの第三のガスが、 $He$ 、 $Ne$ 、 $Ar$ 、 $Kr$ 、 $Xe$ 及び $Rn$ の内の一つ又は複数の混合ガスである請求項14に記載のドライエッチング方法。

【請求項16】 前記リン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスが、酸素原子及びハロゲン原子を含まず、水素原子又は窒素原子を含む分子構造である請求項14又は15に記載のドライエッチング方法。

40 【請求項17】 前記リン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離するガスであるところの第二のガスが、 $PH_3$ 又は $H_2S$ 又は $SiH_4$ である請求項14～16のいずれかに記載のドライエッチング方法。

【請求項18】 前記プラズマ生成手段が、ECR型プラズマ源、ヘリコン波型プラズマ源、ICP型プラズマ源、SWP型プラズマ源又はSIP型プラズマ源である請求項14～17のいずれかに記載のドライエッチング方法。

50 【請求項19】 前記有機低誘電率絶縁膜が、ポリアリ

## 3

ールエーテル又はフッ素化ポリアリアルエーテルである請求項14～18のいずれかに記載のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の層間絶縁膜に用いられる、有機低誘電率絶縁膜のドライエッチング方法に関し、更に詳しくは、有機低誘電率絶縁膜を、高速に、加工精度が高く、且つ膜質の劣化や金属配線の埋め込み不良なく加工を行う、ドライエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の有機低誘電率絶縁膜のエッチングプロセスを、図2を用いて説明する。図2において、201はレジストマスク、202は酸化シリコン膜、203は有機低誘電率絶縁膜、204は金属配線、205は配線溝又はビアホール、206は側壁保護膜を示している。

【0003】有機低誘電率絶縁膜は、単体では吸湿性や機械強度、プラズマ耐性等に問題があるため、一般的には図2に示すように、その上をプラズマCVDによる酸化シリコン膜等でカバーして使用する。この膜に、ダマシン構造の配線溝やビアホールを形成する際は、以下の手順にて行う。

【0004】まず、図2(a)に示すように、溝又は穴を形成するためのレジストマスクを形成した後、上層の酸化シリコン膜のエッチングを行い(図2(b))、次に有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行う(図2

(c))。上層の酸化シリコン膜のエッチングは、従来より一般的に用いられてきた、フロロカーボン系のガス(例えば、 $C_4F_8/CO/Ar/O_2$ 系のガス)により行われる。

【0005】有機低誘電率絶縁膜は、一般的に酸素プラズマによりエッチングすることができる。例えば、特開平8-316209号公報に開示されているように、 $O_2$ 、 $CO_2$ ガスのプラズマを用いれば、ほとんどの有機低誘電率絶縁膜を高いエッチング速度で容易にエッチングすることが可能である。しかし、第59回応用物理学会学術講演会(1998年秋季)講演予稿集15p-C-10にも記載されているように、有機物は酸素イオンのみならず酸素ラジカルとも反応して、等方的にエッチングが進むため、ホールや溝の断面形状が、図2(c)に示す様ないわゆるボーイング形状と呼ばれる樽型の形状となり易い。このような形状になると、引き続き行われる配線金属の成膜工程において、穴や溝内部への金属の埋め込み不良が発生し、配線抵抗の増大や、最悪の場合配線の断線といった不良を引き起こす。

【0006】上記のように、有機低誘電率絶縁膜の側壁に保護膜を形成しない場合には、如何にガス系やエッチング条件を調整して垂直な形状を確保しようとしても、

(3)

特開2001-35832

## 4

有機低誘電率絶縁膜中に存在する酸素が原因で酸素ラジカルが生成し、その酸素ラジカルによって有機低誘電率絶縁膜がエッチングされ、図2(c)に示すようなボーイング形状になってしまう。また、有機低誘電率絶縁膜エッチング工程の後にレジストマスクのアッシング工程を行うと、プラズマ中で発生する酸素ラジカルにより、有機低誘電率絶縁膜のエッチングが更に進行する。以上の結果より、有機低誘電率絶縁膜のエッチング工程では、プラズマ耐性のある側壁保護膜の形成が必要不可欠であると言える。

【0007】更に、酸素プラズマによるエッチングのもう一つのデメリットとして、例えばProceedings of Symposium on Dry Process 1998 p. 175に記載されているような、膜質の劣化の問題がある。即ちこれは、酸素プラズマにさらされた有機低誘電率絶縁膜が、酸素を吸着したりあるいは酸素と結合した変質層を形成してしまい、この酸素が、引き続き行われる配線金属形成工程、例えばタングステンプラグのCVD工程中に脱離することにより、穴や溝内部の埋め込み不良が発生するという問題である。

【0008】以上のような問題点を解決するため、例えば、特開平10-189543号公報に開示されているように、 $SO_2$ ガスを用い、酸素プラズマで加工しながら、硫黄により加工した側壁を保護し、膜質の劣化を防ぐという方法が提案されている。しかし、このガス系を用いても膜の劣化を防ぐことはできず、依然としてタングステンプラグ工程での埋め込み不良が発生してしまう。

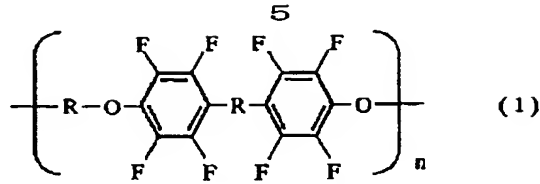
【0009】以上のように、酸素系のガスによる有機低誘電率絶縁膜のエッチングでは、その高いエッチング速度にもかかわらず、膜質劣化を避けることができないため、酸素を全く含まないかあるいは微量にしか含まないガス系によるエッチングが必要となる。

【0010】酸素系以外のガスによる有機低誘電率膜のエッチングの例としては、例えば特開平10-150105号公報に、従来層間絶縁膜として広く一般的に使われてきた $SiO_2$ のエッチングの際に使用される、フルオロカーボン系のガス(例えば、 $C_4F_8/CO/Ar/O_2$ 系のガス)をそのまま適用する例が開示されている。しかし、フルオロカーボン系のガスで高速にエッチングできるのは、フッ素含有の有機低誘電率絶縁膜(例えば、下記一般式(1)で示される弗化ポリアリアルエーテル等)のみであり、フッ素を含有しない有機低誘電率絶縁膜(例えば、下記一般式(2)で示されるポリアリアルエーテル等)のエッチング速度は、フッ素を含有したものの1/10程度であるため、実際の半導体生産には適用することができなかった。

【0011】

【化1】

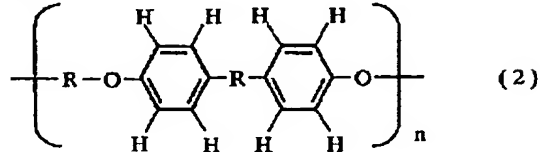
50



n: 正の整数  
R: アルキル基

【0012】

【化2】



n: 正の整数  
R: アルキル基

【0013】

【発明が解決しようとする課題】 以上のように、酸素系のガスによるプラズマでは、有機低誘電率絶縁膜への酸素吸着による膜質の劣化を避けることができないという問題があった。

【0014】 また、フルオロカーボン系のガスでは、フッ素含有有機低誘電率絶縁膜は高速でエッチングすることができたが、フッ素を含有しない有機低誘電率絶縁膜では、量産に適用するに十分なエッチング速度を得ることができないという問題があった。

【0015】 更に、有機低誘電率絶縁膜のエッチング工程において、有機低誘電率絶縁膜の側面を保護膜でカバーしておかないと、有機低誘電率絶縁膜自身がエッチングされることにより発生する酸素ラジカルや、アッシング工程において発生する酸素ラジカルによって、形状が崩れてしまうという問題があった。

【0016】 そこで、従来の問題点を解決するためには、有機低誘電率絶縁膜の膜質の劣化を防ぐため、酸素を含まないガス系を採用し、強固な側壁保護膜が形成され、且つ量産に適用するに十分なエッチング速度が得られるガス系及びエッチング装置を見出す必要があった。

【0017】 本発明の目的は、エッチング形状が良好であり、且つ有機低誘電率絶縁膜の膜質の劣化のないドライエッチング方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】 本発明に従って、層間絶縁膜として形成された、有機低誘電率絶縁膜を含む積層膜のドライエッチング方法において、エッチングガスとして水素、窒素の一方又は両方を含むガス（第一のガス）とリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）との混合ガス、あるいは水素、窒素の一方又は両方を含むガス（第一のガス）とリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）と希ガス（第三のガス）との混合ガス、あるいはリン又は硫黄

(4)

特開2001-35832

6

又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）と希ガス（第三のガス）との混合ガスを、半導体基板が設置された真空容器内に導入し、プラズマ生成手段に高周波電力を印加してプラズマを生成し、プラズマを用いて半導体基板表面に形成された有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行うドライエッチング方法が提供される。

【0019】

【発明の実施の形態】 以下に、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

10 【0020】 本発明のドライエッチング方法を、図1を用いて説明する。図1において、101はレジストマスク、102は酸化シリコン膜、103は有機低誘電率絶縁膜、104は金属配線、105は配線溝又はビアホール、106は側壁保護膜を示している。

【0021】 有機低誘電率絶縁膜は、例えば上記一般式(1)又は一般式(2)に示した構造式を持つ材料が用いられる。膜構造は、図2に示した従来例と全く同様であり、有機低誘電率絶縁膜は、単体では吸湿性や機械強度、プラズマ耐性等に問題があるため、その上をプラズマCVDによる酸化シリコン膜等でカバーして使用する。また、この膜にダマシン構造の配線溝やビアホールを形成する工程も図2の従来例と同様であり、以下の手順にて行う。

【0022】 まず、図1(a)に示すように、溝又は穴を形成するためのレジストマスクを形成した後、上層の酸化シリコン膜のエッチングを行い(図1(b))、次に有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行う(図1

(c))。上層の酸化シリコン膜のエッチングは、従来より一般的に用いられてきた、フルオロカーボン系のガス(例えば、 $\text{C}_4\text{F}_8/\text{CO}/\text{Ar}/\text{O}_2$ 系のガス)により行われる。

【0023】 本発明であるところの有機低誘電率絶縁膜のドライエッチング方法で使用されるガスは、水素を含むガス及び/又は窒素を含むガス（第一のガス）とリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）との混合ガス、あるいは水素を含むガス及び/又は窒素を含むガス（第一のガス）とリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）と希ガス（第三のガス）との混合ガス、あるいはリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）と希ガス（第三のガス）の混合ガスである。

【0024】 上記ガスを真空容器内に導入し、高周波電力を印加してプラズマを生成すると、プラズマ中には、水素イオン、ラジカル及び/又は窒素イオン、ラジカルと、リン、硫黄、シリコン原子が生成する。これらの内、水素イオン及び/又は窒素イオンが、有機低誘電率絶縁膜が露出した半導体基板に入射することにより、有機低誘電率絶縁膜の構成元素であるところの炭素、窒素、水素、酸素、フッ素は、それぞれ $\text{CH}_x$ 、 $\text{NH}_x$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{N}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HF}$ といった形で揮発し、エッチング

7

反応が進行する。一方、イオン入射のないパターン側面では、リン、硫黄、又はシリコン原子が付着、重合して、上記元素を主に含む重合膜が生成される。

【0025】水素イオン及び窒素イオンと有機低誘電率絶縁膜との反応は、イオンアシスト反応であるため、パターン側面に重合膜が形成されなくても、異方性形状は維持されると思われるがちである。しかし、一般式(1)又は一般式(2)を見れば明かなように、有機低誘電率絶縁膜中には酸素が含まれているため、エッチングにより発生した酸素がプラズマ中で酸素ラジカルとなり、この酸素ラジカルによりパターン側壁がエッチングされるため、酸素を含有しないガス系においても側壁保護膜は必要不可欠である。

【0026】また、図1では有機低誘電率絶縁膜の上層のみを酸化シリコン膜でカバーした例を示したが、有機低誘電率絶縁膜の上下を酸化シリコン膜で挟み込む構造も考えることができる。この場合には、有機低誘電率絶縁膜エッチングの後に、下層の酸化シリコン膜のエッチングを行う必要がある。この時、有機低誘電率絶縁膜のエッチングの際に側壁保護を行っておくと、引き続き行われるフロロカーボン系ガスによる下層酸化シリコンのエッチング工程においても、プラズマ中で発生する酸素あるいはフッ素ラジカルにより有機低誘電率絶縁膜がエッチングされることはなく、良好なエッチング形状を得ることができる。

【0027】前記反応に最低限必要な水素イオン及び、リン、硫黄又はシリコン原子を生成させるガスとしては、 $\text{PH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SiH}_4$ 等の水素化合物ガスの単一ガスあるいは混合ガスで十分である。しかし、ソースガスのP/H比(リン原子数と水素原子数の比)あるいはS/H比(硫黄原子数と水素原子数の比)あるいはSi/H比(シリコン原子数と水素原子数の比)を制御することで、エッチング速度や側壁保護膜の厚さが制御可能となる。そこで水素ガスを添加することにより、より広い範囲でのP/H比あるいはS/H比あるいはSi/H比の制御ができ、プロセスウインドウを広げることが可能となる。

【0028】また、上記ガスに窒素ガスを添加することにより、スパッタリング効果が増加してエッチング速度が向上すると共に、側壁保護膜にも窒素が添加され、より強固な膜が形成される。窒素及び水素の混合ガスを導入する代りに、 $\text{NH}_3$ (アンモニア)や $\text{N}_2\text{H}_4$ (ヒドラジン)といったガスを導入しても、同様の効果を得ることができる。

【0029】更に、上記ガス系に例えばHe、Ne、Ar、Kr、Xe及びRnといった希ガスを添加することにより、プラズマ密度の向上が期待され、またイオンによるスパッタリング効率も向上するため、より高いエッチング速度を得ることができる。

【0030】本発明のドライエッチング方法で用いられ

(5)

特開2001-35832

8

るプラズマ処理装置は、水素又は窒素といった反応性のあまり高くないガスにおいても十分に高いエッチング速度を確保するという観点から、可能な限り高密度なプラズマを生成しうるプラズマ処理装置であることが望ましい。本発明に好適に用いられるプラズマ処理装置としては、例えば、ECR型プラズマ処理装置、ヘリコン波型プラズマ処理装置、ICP型プラズマ処理装置、SWP型プラズマ処理装置及びSIP型プラズマ処理装置等が挙げられるが、本発明は前記プラズマ装置に限られたものではなく、 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度なプラズマを生成しうるプラズマ装置であれば、どのような装置であつても適用することが可能である。

【0031】

【実施例】以下に、実施例を挙げて本発明のドライエッチング方法をより具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【0032】(実施例1)本発明の第1の実施例として、 $\text{H}_2$ ガスと $\text{H}_2\text{S}$ ガスを用いて、有機低誘電率膜のエッチングを行った結果を示す。本実施例においては、ECR型プラズマエッチング装置を用いてエッチングを行った。また、積層された層間絶縁膜の一連のエッチング処理は、全て同一処理室内で行われた。

【0033】まず、図1(a)に示した断面構造を持つシリコン基板を準備した。ここで、上層酸化シリコン膜102は膜厚200nmのプラズマTEOS  $\text{SiO}_2$ 膜、有機低誘電率絶縁膜103は回転塗布された膜厚800nmのポリアリールエーテル、金属配線104は膜厚500nmのAl-Cu膜、また下地はプラズマTEOS  $\text{SiO}_2$   $1 \mu\text{m}/\text{Si}$ 基板(不図示)の構造である。このウエハを、ECR型プラズマエッチング装置の基板支持台上に設置し、ターボ分子ポンプを用いて、 $1 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ の圧力となるまで真空容器内を排気した。

【0034】次に、以下の条件にてプラズマを生成し、上層酸化シリコン膜のエッチングを行った。

【0035】ガス種、流量： $\text{C}_4\text{F}_8/\text{CO}/\text{Ar}/\text{O}_2$   
 $= 15/150/200/5 \text{ sccm}$

圧力： $40 \text{ mTorr}$

基板温度： $20^\circ\text{C}$

磁場： $875 \text{ Gauss}$

マイクロ波パワー： $1 \text{ kW}$

基板RF周波数、パワー： $13.56 \text{ MHz}$ 、 $400 \text{ W}$

【0036】この時、基板支持台のVdcは約 $-200 \text{ V}$ であった。以上のエッチング処理を20秒間行い、上層酸化シリコン膜102を全て除去した。酸化シリコン膜のエッチングの終点は、プラズマの発光強度モニタを用い、SiF(波長640nm)の発光強度の変化で判定した。

【0037】次に、真空容器内を30秒間排気した後、以下の条件にてプラズマを生成し、有機低誘電率絶縁膜

50

のエッチングを行った。

【0038】

ガス種、流量： $H_2/H_2S=100/15$  sccm

圧力：10mTorr

基板温度：20℃

磁場：875Gauss

マイクロ波パワー：1kW

RF周波数、パワー：13.56MHz、250W

【0039】この時、基板支持台のVdcは約-110Vであった。以上のエッチング処理を6分間行い、有機低誘電率絶縁膜103を全て除去した。有機低誘電率絶縁膜のエッチングの終点は、プラズマの発光強度モニタを用い、CH（波長431nm）の発光強度の変化で判定した。エッチング時間より算出した膜のエッチング速度は、約130nm/minであり、生産に適用するにはやや低めの値となった。

【0040】以上の処理が全て終了した後、必要に応じてレジストマスクの除去を行い、洗浄、バリアメタル成膜の工程を経た後、タングステンプラグの成膜を行った。成膜後のウエハの断面をSEMで観察したが、ヴィアホール形状に、ボーイング等の形状異常はなく、またタングステンも正常に埋め込まれていることが確認された。

【0041】（実施例2）本発明の第2の実施例として、 $H_2$ ガスと $H_2S$ ガスを用いて、有機低誘電率膜のエッチングを行った結果を示す。本実施例においては、ECR型プラズマエッチング装置の代りにSIP型プラズマエッチング装置を用いてエッチングを行った。また、積層された層間絶縁膜の一連のエッチング処理は、全て同一処理室内で行われた。

【0042】まず、実施例1と同様の断面構造を持つシリコン基板を準備した。このウエハを、SIP型プラズマエッチング装置の基板支持台上に設置し、ターボ分子ポンプを用いて、 $1 \times 10^{-6}$  Torrの圧力となるまで真空容器内を排気した。

【0043】次に、以下の条件にてプラズマを生成し、上層酸化シリコン膜のエッチングを行った。

【0044】ガス種、流量： $C_4F_8/Ar/O_2=15/150/5$  sccm

圧力：30mTorr

基板温度：0℃

マイクロ波パワー：1.5kW

基板RF周波数、パワー：13.56MHz、350W

【0045】この時、基板支持台のVdcは約-150Vであった。以上のエッチング処理を12秒間行い、上層酸化シリコン膜102を全て除去した。酸化シリコン膜のエッチングの終点は、プラズマの発光強度モニタを用い、SiF（波長640nm）の発光強度の変化で判定した。

【0046】次に、真空容器内を30秒間排気した後、

以下の条件にてプラズマを生成し、有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行った。

【0047】

ガス種、流量： $H_2/H_2S=100/15$  sccm

圧力：5mTorr

基板温度：0℃

マイクロ波パワー：1.5kW

基板RF周波数、パワー：13.56MHz、250W

【0048】この時、基板支持台のVdcは約-100Vであった。以上のエッチング処理を120秒間行い、有機低誘電率絶縁膜103を全て除去した。有機低誘電率絶縁膜のエッチングの終点は、プラズマの発光強度モニタを用い、CH（波長431nm）の発光強度の変化で判定した。エッチング時間より算出した膜のエッチング速度は、約400nm/minであり、生産に適用しうる値となった。

【0049】以上の処理が全て終了した後、必要に応じてレジストマスクの除去を行い、洗浄、バリアメタル成膜の工程を経た後、タングステンプラグの成膜を行った。成膜後のウエハの断面をSEMで観察したが、ヴィアホール形状に、ボーイング等の形状異常はなく、またタングステンも正常に埋め込まれていることが確認された。

【0050】（実施例3）本発明の第3の実施例として、 $H_2$ ガスと $PH_3$ ガスを用いて、有機低誘電率膜のエッチングを行った結果を示す。本実施例においては、実施例2と同様、SIP型プラズマエッチング装置を用いてエッチングを行った。

【0051】まず、実施例1と同様の断面構造を持つシリコン基板を準備し、実施例2と同様の手順で上層酸化シリコン膜のエッチングを行った。

【0052】次に、以下の条件で有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行った。

【0053】

ガス種、流量： $H_2/PH_3=100/15$  sccm

圧力：5mTorr

基板温度：0℃

マイクロ波パワー：1.5kW

基板RF周波数、パワー：13.56MHz、250W

【0054】この時、基板支持台のVdcは約-100Vであった。以上のエッチング処理を110秒間行い、有機低誘電率絶縁膜103を全て除去した。エッチング時間より算出した膜のエッチング速度は、約430nm/minであった。

【0055】エッチング処理が全て終了した後、必要に応じてレジストマスクの除去を行い、洗浄、バリアメタル成膜の工程を経た後、タングステンプラグの成膜を行った。成膜後のウエハの断面をSEMで観察したが、ヴィアホール形状に、ボーイング等の形状異常はなく、またタングステンも正常に埋め込まれていることが確認

された。

【0056】（実施例4）本発明の第4の実施例として、 $H_2$ ガスと $N_2$ ガスと $SiH_4$ ガスを用いて、有機低誘電率膜のエッチングを行った結果を示す。本実施例においても、実施例2と同様、SIP型プラズマエッチング装置を用いてエッチングを行った。

【0057】まず、実施例1と同様の断面構造を持つシリコン基板を準備し、実施例2と同様の手順で上層酸化シリコン膜のエッチングを行った。

【0058】次に、以下の条件で有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行った。

【0059】ガス種、流量： $H_2/N_2/SiH_4=100/50/15\text{ sccm}$

圧力： $5\text{ mTorr}$

基板温度： $0^\circ\text{C}$

マイクロ波パワー： $1.5\text{ kW}$

基板RF周波数、パワー： $13.56\text{ MHz}$ 、 $250\text{ W}$

【0060】この時、基板支持台の $V_{dc}$ は約 $-100\text{ V}$ であった。以上のエッチング処理を95秒間行い、有機低誘電率絶縁膜103を全て除去した。エッチング時間より算出した膜のエッチング速度は、約 $505\text{ nm/min}$ であった。

【0061】エッチング処理が全て終了した後、必要に応じてレジストマスクの除去を行い、洗浄、バリアメタル成膜の工程を経た後、タングステンプラグの成膜を行った。成膜後のウエハの断面をSEMで観察したが、ビアホール形状に、ボーイング等の形状異常はなく、またタングステンも正常に埋め込まれていることが確認された。

【0062】（実施例5）本発明の第5の実施例として、 $H_2$ ガスと $N_2$ ガスと $SiH_4$ ガスと $Ar$ ガスを用いて、有機低誘電率膜のエッチングを行った結果を示す。本実施例においても、実施例2と同様、SIP型プラズマエッチング装置を用いてエッチングを行った。

【0063】まず、実施例1と同様の断面構造を持つシリコン基板を準備し、実施例2と同様の手順で上層酸化シリコン膜のエッチングを行った。

【0064】次に、以下の条件で有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行った。

【0065】ガス種、流量： $H_2/N_2/SiH_4/Ar=100/50/15/100\text{ sccm}$

圧力： $5\text{ mTorr}$

基板温度： $0^\circ\text{C}$

マイクロ波パワー： $1.5\text{ kW}$

基板RF周波数、パワー： $13.56\text{ MHz}$ 、 $250\text{ W}$

【0066】この時、基板支持台の $V_{dc}$ は約 $-100\text{ V}$ であった。以上のエッチング処理を95秒間行い、有機低誘電率絶縁膜103を全て除去した。エッチング時間より算出した膜のエッチング速度は、約 $505\text{ nm/min}$ であった。また、レジストマスクは、有機低誘電

率絶縁膜エッチング終了後に全て除去されていた。

【0067】エッチング処理が全て終了した後、洗浄、バリアメタル成膜の工程を経た後、タングステンプラグの成膜を行った。成膜後のウエハの断面をSEMで観察したが、ビアホール形状に、ボーイング等の形状異常はなく、またタングステンも正常に埋め込まれていることが確認された。

【0068】（実施例6）本発明の第6の実施例として、 $H_2S$ ガスと $Ar$ ガスを用いて、有機低誘電率膜のエッチングを行った結果を示す。本実施例においても、実施例2と同様、SIP型プラズマエッチング装置を用いてエッチングを行った。

【0069】まず、実施例1と同様の断面構造を持つシリコン基板を準備し、実施例2と同様の手順で上層酸化シリコン膜のエッチングを行った。

【0070】次に、以下の条件で有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行った。

【0071】

ガス種、流量： $H_2S/Ar=100/100\text{ sccm}$

圧力： $5\text{ mTorr}$

基板温度： $0^\circ\text{C}$

マイクロ波パワー： $2.5\text{ kW}$

基板RF周波数、パワー： $13.56\text{ MHz}$ 、 $250\text{ W}$

【0072】この時、基板支持台の $V_{dc}$ は約 $-95\text{ V}$ であった。以上のエッチング処理を5分間行い、有機低誘電率絶縁膜103を全て除去した。エッチング時間より算出した膜のエッチング速度は、約 $150\text{ nm/min}$ であった。

【0073】エッチング処理が全て終了した後、洗浄、バリアメタル成膜の工程を経た後、タングステンプラグの成膜を行った。成膜後のウエハの断面をSEMで観察したが、ビアホール形状に、ボーイング等の形状異常はなく、またタングステンも正常に埋め込まれていることが確認された。

【0074】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば有機低誘電率絶縁膜のエッチングを行う際に、エッチングガスとして水素原子、窒素原子の一方又は両方を含むガス（第一のガス）とリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）との混合ガス、あるいは水素原子、窒素原子の一方又は両方を含むガス（第一のガス）とリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）と希ガス（第三のガス）との混合ガス、あるいはリン又は硫黄又はシリコンを容易に遊離するガス（第二のガス）と希ガス（第三のガス）との混合ガスを用いることで、エッチング形状が良好であり且つ有機低誘電率絶縁膜の膜質の劣化のないドライエッチング方法を提供することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における有機低誘電率絶縁膜のエッチン



(8)

特開2001-35832

13

14

グ方法を示す模式図である。

【図2】従来技術における有機低誘電率絶縁膜のエッチング方法を示す模式図である。

【符号の説明】

101, 201 レジストマスク

102, 202 上層酸化シリコン膜

103, 203 有機低誘電率絶縁膜

104, 204 下層酸化シリコン膜

105, 205 配線溝又はビアホール

106, 206 側壁保護膜

【図1】

【図2】

